

Jacek BOBEK

Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów
Tarnowskie Góry

PODEJMUJĄC PROBLEMY OSZCZĘDNOŚCI WĘGLA I OCHRONY ŚRODOWISKA - ZACZNIJMY OD NOWOCZESNEGO UKŁADU REGULACJI SPALANIA

Streszczenie. Przedstawiono układ regulacji spalania zawierający obwody: regulacji powietrza i podciśnienia w komorze paleniskowej, przepływomierza i licznika ciepła, sygnalizacji. Opisano i dobrano aparaturę dla tych obwodów, a w szczególności analizator spalin O_2 , mikroprocesorowy regulator Eftronik M, przetwornice częstotliwości i kłapy regulacyjne. Centralne Biuro Konstrukcji Kotłów podejmuje się opracowania dokumentacji i uruchomienia opisanego układu regulacji spalania, który jest szczególnie odpowiedni przy przedsięwzięciach modernizacyjnych.

Urządzenia układu regulacji spalania podzielono na trzy zespoły. Są to: zespół urządzeń pomiarowych, zespół urządzeń części centralnej obejmującej przetwarzanie statyczne i dynamiczne, wskaźniki i sygnalizację, oraz zespół urządzeń wykonawczych, czyli organy regulacyjne. Urządzeniami pomiarowymi stosowanymi w układach regulacji spalania są przetworniki pomiarowe ciśnienia, różnicy ciśnienia, czujniki i przetworniki temperatury, analizatory spalin. Krajowe przetworniki ciśnienia i temperatur są znane i nie trzeba ich tutaj opisywać.

Istotnym elementem układu regulacji spalania jest niezawodny, szybko działający, prosty w obsłudze analizator zawartości O_2 w spalinach. Takim może być analizator typu CGRGM1 firmy Hartmann-Braun oraz Ursalyt G40 firmy Junkalor Desseu. Analizatory te nie wymagają instalacji zasyłania spalin. Nie ma zatem kłopotów z sondą pomiarową, filtrem, chłodnicą, pompką spalinową i innymi elementami tej instalacji. Sonda pomiarowa, w której odbywa się proces pomiarowy jest zanurzona bezpośrednio w kanale spalin. Sonda ta jest rurą, w której znajdują się dwa ogniwa o stałych elektrolitach ze stabilizowanego dwutlenku cyrkonu - ZrO_2 . Przez jedno ogniwo przepływają spaliny, drugie jest ogniwo porównawczym, do którego wdmuchiwane jest powietrze. W sondzie zabudowany jest grzejnik elektryczny oraz termopara utrzymujące regulowaną temperaturę $725^{\circ}C$. W tej temperaturze dwutlenek cyrkonu wykazuje dużą przewodność jonową tlenu. Zróżnicowane stężenie tlenu w spalinach i w powietrzu daje zgodnie z równaniem

Nernsta potencjał elektryczny odbierany na elektrodach platynowych o wartości:

$$E = \frac{RT}{nF} \ln \frac{p_1}{p_2}$$

E - siła elektromotoryczna wg Nernsta,

R - stała gazowa,

F - stała Faradaya,

T - temperatura,

n = 4 - wartościowość cząsteczkowa,

p_1 - ciśnienie cząsteczkowe tlenu w powietrzu,

p_2 - ciśnienie cząsteczkowe tlenu w spalinach.

Wszystkie wartości występujące w tym wzorze z wyjątkiem p_2 są wartościami stałymi, a zatem siła elektromotoryczna jest zależna tylko od ciśnienia cząsteczkowego tlenu w spalinach, które jest miarą zawartości O_2 . Siła elektromotoryczna, odbierana z elektrod platynowych umieszczonych w sondzie, doprowadzona jest na zewnątrz do zespołu wzmacniaczy formujących standardowy sygnał pomiarowy, na przykład 4+20 mA. Sonda firmy Hartmann-Braun jest rurą o średnicy 48 mm i długości 1 m. Dostępne są też sondy dłuższe /1,8 m/ i krótsze /0,6 m i 0,15 m/. Sondę zabudowuje się w prosty sposób, podobnie jak termoparę, i łączy kablem z układem wzmacniaczy i regulatorem temperatury.

W części centralnej układu regulacji spalania przewidziano zastosowanie mikroprocesorowego regulatora cyfrowego produkowanego przez PNEFAL Falenica. Efronik M jest uniwersalnym regulatorem cyfrowym, przeznaczonym do układów sterowania i regulacji wolnozmiennych procesów technologicznych. Zawiera dwa zestawy mikroprocesorowe umożliwiające:

- statyczne i dynamiczne, liniowe i nieliniowe przetwarzanie analogowych sygnałów wejściowych i wytwarzanie sygnałów sterujących,
- zbieranie i przetwarzanie sygnałów dyskretnych,
- alarmowanie o nieprawidłowym przebiegu sterowanego procesu, bądź też awarii samego urządzenia oraz realizację samoczynnego przełączenia rodzaju sterowania na rezerwowe sterowanie ręczne i uruchomienie blokad,
- dostarczanie operatorowi informacji o procesie i rodzaju sterowania oraz wybór rodzaju sterowania i realizację sterowania ręcznego,
- swobodne układanie struktury funkcjonalnej i parametrów urządzenia, również bezpośrednio na instalacji technologicznej,
- współpracę z innymi systemami sterowania, a w szczególności z systemami sterowania dyskretnego.

Oprogramowanie Efronika M symuluje działanie klasycznych analogowych przyrządów elektronicznych części centralnej systemu automatyki.

Efronik M podzielony jest na cztery warstwy pokazane na rys.1. W warstwie pierwszej są: sumatory, elementy pierwiastkujące i inne. W warstwie drugiej: układy mnożące, ilorazowe, wybieraki sygnału max lub min, przełączniki sygnałów sygnałem cyfrowym i inne. W warstwie trzeciej są funkcjony realizujące układy dynamiczne PID o dwudziestu sześciu różnych

funkcjach: FID zwykłe, PID-RATIO, PID CASCADE, PID - Adaptacyjny i inne. W czwartej warstwie następuje wzmocnienie i ewentualnie odwrócenie sygnału wyjściowego. Programowanie roboczych konfiguracji struktury funkcjonalnej odbywa się poprzez wprowadzenie do pamięci RAM CMOS zestawu głównego ciągu słów sterujących określających:

- rodzaje i parametry algorytmów realizowanych przez funktry w poszczególnych warstwach,
- wzajemne powiązania pomiędzy funktorami.

Wprowadzenie słów sterujących odbywa się za pośrednictwem pulpitu technicznego regulatora. Regulator Eftronik M posiada:

- osiem wejść analogowych 4+20 mA z quasiseparacją galwaniczną,
- osiem wejść dyskretnych - napięciowych lub rezystancyjnych,
- optoizolację umożliwiającą pracę przy napięciu zakłócającym 220 V, 50 Hz,
- cztery wyjścia obiektowe 4+20 mA z quasiseparacją galwaniczną umożliwiającą prawidłową pracę przy napięciu zakłócającym 220 V, 50 Hz,
- osiem wyjść dyskretnych napięciowych.

Regulator Eftronik M doskonale nadaje się do automatyzacji wszystkich procesów kotłowych. Szczególnie dobrze nadaje się do zbudowania złożonych struktur regulacyjnych, w których występuje kilka stopni przetwarzania dynamicznego i statycznego. Na rys.1 pokazano strukturę układu regulacji spalania kotła parowego lub wodnego. Funktory oznaczone na tym rysunku prostokątami mają następujące funkcje przejścia:

$$F12: Y = k_1 \cdot X + k_2$$

$$F14: Y = k_1 \cdot X + k_2$$

$$F23: Y = k_1 \cdot X_1 - X_2 + k_2$$

$$F24: Y = k_1 \cdot \frac{X_1}{X_2} + k_2$$

$$F29: Y = \frac{k_1 \cdot s}{k_2 \cdot s + 1} \cdot X + 50 \%$$

$$F2A: Y = k_1 \int_0^t x \, dt$$

$$F2B: Y = k_1 \cdot {}^0X_1 + X_2 + k_2$$

$$F2C: Y = k_1 \cdot X_1 - X_2 + k_2$$

$$F38: Y = k_m \left[\frac{1}{1 + \frac{sk_3}{1+s} k_3} / X_1 + \frac{1}{sk_2} / X_1 - SP' \right]$$

$$k_m = k_1 / X_1 - SP'$$

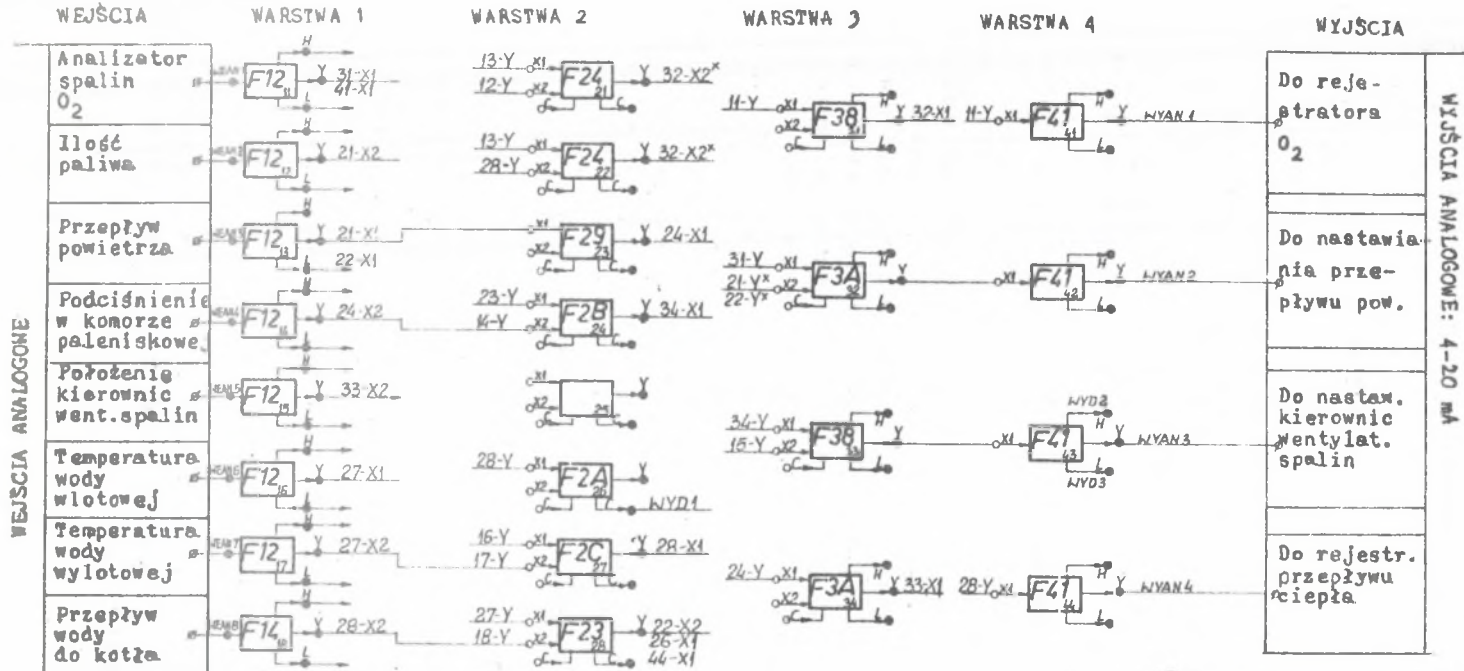
jest to element dynamiczny FID z modyfikacją współczynnika wzmocnienia w funkcji odchyłki regulacji

$$F3A: \text{PID ze strefą nieczułości}$$

$$F41: Y = X$$

Na jednym przyrządzie Eftronik M zaprogramowanym według rys.1 zrealizowano:

- układ regulacji powietrza,
- układ regulacji podciśnienia,
- układ przepływomierza ciepła wyprodukowanego przez kocioł,
- obwody sygnalizacyjne do wykorzystania na zewnątrz, w układzie blokad i centralnej sygnalizacji,



Rys.1. Układ regulacji spalania z regulatorem Eftronik M
 Fig.2. Combustion control on one Eftronik M instrument

26-C	NYD1	Liczn. ciepła	WYJŚCIA DISKRETNE
43-H	NYD2	Went.spalin	
43-L	NYD3	Went.spalin	Syst.-blokadki
11-H	NYD4	Wysok.O ₂	
11-L	NYD5	Niskie O ₂	
13-L	NYD6	Mały p.p.	
18-L	NYD7	Mały p.w.	
17-H	NYD8	Nys.temp.	

- układ sygnalizacji wewnętrznej z brzęczkiem, z migotaniem wskazanego numeru przekroczonego parametru, z przyciskiem kasującym.

Układ regulacji powietrza przedstawiony na rys.1 umożliwi operatorowi wybór jednej z następujących struktur:

ciepło/powietrze,
ciepło/powietrze z korektą od O_2 ,
regulacja O_2 - jednoparametrowa.

Wybór struktury odbywa się w prosty sposób, bez zmiany oprogramowania i może być dokonany przez operatora kotłowego. Jest to cenna zaleta umożliwiająca pracę automatyczną nawet w przypadkach awaryjnych. Jeśli na przykład nieczynny jest analizator spalin O_2 , operator wybiera strukturę ciepło/powietrze. Jeżeli nieczynne są przepływomierze, to operator może wybrać jednoparametrową strukturę regulacji O_2 .

Układ regulacji podciśnienia zawiera dodatkowy sygnał od zmiany przepływu powietrza do kotła. Jest to impuls wyprzedzający zmianę ciśnienia w komorze paleniskowej, tutaj chętnie zastosowany, bo nie wiąże się to z jakimikolwiek dodatkowymi kosztami. Na przykładzie regulacji podciśnienia pokazano również sposób na wykorzystanie Efronika M do zbudowania struktury regulatora trójstawnego, z wyjściami impulsowymi-dyskretnymi do współpracy z siłownikiem elektrycznym - stałoprędkościowym.

Układ przepływomierza ciepła został zrealizowany według rys.1. Na wyjściach tego układu uzyskuje się sygnał analogowy 4 ± 20 mA, który można wykorzystać do rejestratora i wskaźnika przepływu ciepła, a ponadto sygnał dyskretny w postaci impulsów napięciowych, które doprowadza się bezpośrednio do licznika elektromagnetycznego, sumującego ilość ciepła wyprodukowanego przez kocioł.

Inicjatory sygnalizacyjne do wykorzystania na zewnątrz, do układu blokad i centralnej sygnalizacji, są w istocie sygnałami dyskretnymi, bezstykowymi, nadającymi się do bezpośredniego podłączenia na przykład przełącznika R15 na 24 V prądu stałego. Na rys.1 do układu blokad i centralnej sygnalizacji przewidziano następujące parametry:

- wysokie O_2 w spalinach,
- niskie O_2 w spalinach,
- mały przepływ powietrza do kotła,
- mały przepływ wody do kotła,
- wysoka temperatura wylotowa wody lub pary.

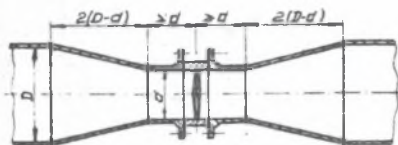
Układ sygnalizacji wewnętrznej jest uruchamiany przez wszystkie sygnały układu sygnalizacji zewnętrznej wyżej wymienione, a ponadto przez przekroczenie następujących parametrów:

- mała ilość paliwa do kotła,
- wysokie i niskie ciśnienie w komorze paleniskowej,
- skrajne położenia kierownic wentylatora spalin,
- wysoka i niska temperatura wody do kotła,
- niska temperatura wody lub pary wylotowej,

- duży przepływ wody do kotła,
- duży i mały przepływ ciepła.

Każdy z wymienionych alarmów technologicznych ma przypisany kod składający się z dwóch cyfr. W przypadku przekroczenia parametru cyfry te migocząc ukazują się w okienku "alarm". Równocześnie uruchamiany jest wewnętrzny brzęczek. Alarm trzeba pokwitować naciskając odpowiedni klawisz. Ustaje wtedy sygnał akustyczny i ustaje migotanie kodu w okienku "alarm".

Zespołami wykonawczymi zwanymi też organami regulacyjnymi są zawory, kłapy, kierownice wentylatorów, urządzenia zmiany obrotów. Ciągłe warto jeszcze zwracać uwagę projektantom na konieczność wyznaczenia średnicy przepływu zaworów i kłap regulacyjnych. Wielkości tych organów, czyli średnica gniazda zaworu i średnicy kłapy nie mogą być na ogół takie same jak średnice rurociągów czy kanałów. Spadek ciśnienia - na otwartych zaworach o charakterystyce stałoprocentowej oraz na kłapach regulacyjnych otwartych do 60° - winien wynosić 10 do 30 % dyspozycyjnego spadku ciśnienia. Dla tak określonych spadków ciśnień należy według znanych wzorów obliczyć wielkość zaworu lub kłapy. Zazwyczaj, udaje się dobrać zawór z przyłączami odpowiadającymi średnicy rurociągu. Jednak średnica gniazda jest na ogół mniejsza od średnicy przyłączy i rurociągu. Natomiast, projektując kanały z kłapami regulacyjnymi, trzeba, po obliczeniu średnicy kłapy przeważnie mniejszej od średnicy kanału, zaprojektować przewężenie pokazane na rys.2. Dopiero tak dobrana kłapa lub zawór zapewnią zbliżoną do liniowej charakterystykę, wyznaczającą przepływ jako funkcję położenia organu regulacyjnego. Złe dobrana kłapa lub zawór często uniemożliwiają pracę obwodu regulacyjnego.



Rys.2. Zabudowa kłapy regulacyjnej
Fig.2. Mounting of butterfly valve

Zmiana obrotów jest korzystnym sposobem regulacji ilości węgla przy podajnikach oraz przepływu przy wentylatorach powietrza i spalin. Zmianę obrotów silników elektrycznych, asynchronicznych uzyskuje się przez zastosowanie przetwornic częstotliwości, zasilających te silniki napięciem o regulowanej częstotliwości. Do największych wytwórców krajowych produkujących seryjnie przetwornice częstotliwości należą: ELTROMONTAŻ Poznań oferujący przetwornice TPC dla silników od 0,1 do 22 kW, oraz APATOR Toruń produkujący przetwornice AMF i ASF dla silników od 1,1 kW do 100 kW. Za granicą, firma Danfoss Dania produkuje nową

generację przetwornic, w których zastosowano mikroprocesorowe sterowanie impulsami przełączającymi, kształtującym przebieg sinusoidalny napięcia. Są to przetwornice VLT serii 3000 produkowane dla silników od 0,75 kW do 110 kW. Nowy system mikroprocesorowy nazwany VVC - Voltage Vector Control /regulacja napięciowo-wektorowa/, w odróżnieniu od starego systemu PWM - Puls Width Systems /regulacja szerokości impulsów/ ma szereg zalet. Zalety są następujące:

- nie zmniejszona znamionowa moc silnika na wałę,
- możliwe pełna wartość napięcia zasilającego silnik,
- bardziej zbliżony do sinusoidalnego, przebieg napięć międzyfazowych,
- mniejsza ilość impulsów przełączających, a w czasie od 60° do 120° okresu sinusoidalnego - wcale nie ma przełączeń,
- lepsze własności dynamiczne silnika, a w szczególności więkzy moment rozruchowy,
- większa sprawność przetwarzania.

WNIOSKI.

Podjęcie problemu oszczędności węgla i ochrony środowiska wymaga zastosowania niezawodnego układu regulacji spalania. Właściwe urządzenia, a w szczególności analizator O_2 typu CGRCM1 oraz mikroprocesorowy regulator Efronik M zapewniają dokładny i niezawodny układ regulacji spalania. Na tym samym regulatorze rozwiązuje się również obwody licznika ciepła i sygnalizacji. Niezawodność podnosi też opisana struktura regulacji. Opracowania dokumentacji oraz uruchomienia układu podejmuje się CBKK.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Tadeusz CHMIELNIAK

ПРЕДПРИНИМАЯ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИИ УГЛЯ И ЗАЩИТЫ СРЕДЫ

- НАЧИНАЯ ОТ СОВРЕМЕННО, НОВЕЙШЕЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛЯЦИИ СЖИГАНИЯ

Резюме

Представлено систему регуляции сжигания в особенности схемы регуляции воздуха и разрежения в топочной камере.

Структура центральной части предусматривает измерительный прибор тепла а также системы сигнализаций.

В схему реализаций входят :

- дешевый анализатор содержания O_2 в топочных газах не требующий постоянного обслуживания.

- Микропроцесоровый регулятор Ефроник М.
- Преобразователь частоты тока к электродвигателям и регуляционным клапанам. Описано способ а также выбор этой аппаратуры.
Изготовительную документацию для измерительно-регуляционной схемы, а также пуск на заводе (объекте) может произвести Центральное Бюро Конструкций Котлов.
Представленные решения регуляции сжигания, особенно соответствуют модернизированным объектам. Описанный микропроцесоровый регулятор Ефроник "М" может быть приспособлен в схеме автоматической регуляций ко всем котлам, особенно к регуляции уровня воды в барабане. Ефроник может быть свободно применен в схемах измерительно-регуляционных со изменяющимися структурами работы. Перемена структуры в центральной части не требует перемен электрических соединений а тем самым и новых поставок. Предпринимаемая проблемы экономий угля и защиты среды - начиная от современно, новейшей системы регуляций сжигания.

ATTEMPTING COAL ECONOMY AND CONSERVATION OF NATURE PROBLEMS - WE'D TO BEGIN WITH COMBUSTION PROCESS MODERN CONTROL

S u m m a r y

The combustion process control instrumentation system in particular the combustion air control and combustion pressure control circuits were described. The functional structure of central control part, enclose also the warm flow meter and signalling system. That instrumentation system consists: in-line technique flue gases analyser, cheap microprocessor controller, frequency converters for motor speed control and butterfly valves. This article describes that instrumentation as well as the manner of selection. Boiler Design Centre in Tarnowskie Góry tender services for complete documentation and Set in motion of the control system. Combustion process control instrumentation here described is specially recommended for reconstruction purpose. Eftronik M mikroprocessor controller is adequate for all boiler control circuits, in particular for boiler drum level control. Eftronik M controller made it easy the configuration and reconstruction of control and measuring structure. The changes of structure in central part of control circuit does not need any changes in electrical connections nor in supply range. Attempting coal economy and conservation of nature problems it is necessary to begin with reliable combustion process control.